

## Melatih Kemampuan Berpikir Alternatif Melalui Pembelajaran Fisika Modern

**Hartono**

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang

Email: [hartonno@plasa.com](mailto:hartonno@plasa.com) - HP.08156561749

### ABSTRAK

Pada umumnya guru fisika kurang menyadari bahwa melalui pembelajaran materi fisika dapat dikembangkan berbagai kemampuan berpikir. Ini terjadi karena ketika mereka menjadi mahasiswa kurang mengalami sendiri berbagai pembelajaran yang mengembangkan kemampuan berpikir. Telah dilakukan penelitian yang bertujuan mengembangkan kemampuan berpikir alternatif para calon guru melalui pembelajaran fisika modern. Kemampuan berpikir yang dilatihkan dalam penelitian ini meliputi kemampuan melakukan inferensi, memahami sebab akibat, dan melakukan pemodelan matematik. Penelitian ini menggunakan metode *one-group pretes-postes design*, dengan subjek penelitian mahasiswa calon guru pada semester ketiga program studi pendidikan fisika. Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan yang signifikan pada ketiga kemampuan berpikir untuk mahasiswa kelompok atas dan dua kemampuan berpikir untuk mahasiswa kelompok rendah. Satu-satunya kemampuan yang tidak meningkat secara signifikan adalah kemampuan pemodelan matematik pada mahasiswa kelompok rendah. Disarankan terjadi perluasan implementasi pembelajaran fisika yang melatih berbagai kemampuan berpikir untuk mengembangkan kemampuan berpikir alternatif.

**Kata kunci:** berpikir alternatif, fisika modern.

### Pendahuluan

Perkembangan fisika modern yang ditandai oleh berkembangnya mekanika kuantum dan teori relativitas merupakan paradigma baru dalam fisika karena memperkenalkan asumsi dasar dan gambaran baru tentang fenomena fisis, yang memungkinkan munculnya alternatif cara berpikir baru untuk memahami alam. Dimulai pada tahun 1900 ketika Planck menyampaikan teori kuantisasi energi dalam radiasi benda hitam. Menurut Planck, dinding rongga benda hitam berfungsi sebagai osilator yang dapat menyerap dan memancarkan energi hanya dalam jumlah diskret,  $E$ , yang besarnya berkait dengan frekuensi  $f$ , dari penyerap atau pemancar radiasi dengan fomulasi  $E=hf$  dengan  $h$  adalah konstanta Planck. Meskipun Planck menyatakan dalam dinding rongga benda hitam energinya terkuantisasi tetapi dia tidak menganggap radiasi elektromagnetik terkuantisasi. Secara kualitatif, hal ini memberi keterangan bagaimana formulasi energi Planck

menjelaskan bentuk spektrum radiasi benda hitam, dengan menggunakan persamaan gelombang,  $c = f\lambda$ , maka  $E = hf$  menjadi  $E = hc/\lambda$ .

Disusul kemudian pada tahun 1905 Einstein mendukung kuantisasi energi dengan menyarankan bahwa radiasi elektromagnetik dalam bentuk paket-paket energi, yang sekarang disebut foton. Dengan pemikiran baru ini Einstein dapat memperlakukan radiasi benda hitam sebagai gas foton, dan dengan menggunakan mekanika statistik, seperti yang digunakan dalam termodinamika, Einstein memberi alternatif penurunan formula Planck. Selanjutnya dengan menggunakan model foton ini Einstein dapat menjelaskan peristiwa efek foto listrik yang tidak dapat dijelaskan oleh teori elektromagnetik klasik. Teori klasik menganggap energi dalam cahaya proporsional terhadap intensitas dan tidak bergantung pada frekuensi, tetapi fakta eksperimen menunjukkan hasil yang bertentangan dengan itu. Einstein kemudian menyatakan bahwa bila radiasi atau elektromagnetik merupakan pancaran energi  $hf$ , maka energi maksimum yang dapat diserap elektron ketika bertumbukan dengan foton haruslah sebesar  $hf$ . Berdasar ini selanjutnya Einstein menjelaskan energi yang diperlukan elektron untuk lepas dari permukaan logam, yang sekarang disebut fungsi kerja,  $\phi$ . Energi kinetik maksimum elektron yang lepas dari permukaan logam sebesar  $K = hf - \phi$ .

Perkembangan fenomena kuantum ini berlanjut terus dan bahkan akan semakin kompleks, tetapi sampai sebatas yang diuraikan di atas telah tampak hal-hal yang bersifat baru, yang menuntut alternatif cara berpikir baru pula. Hal-hal baru tersebut relatif agak sukar dimengerti karena pada umumnya konsep-konsep siswa kita berkembang berdasar kepada pengalaman sehari-hari (Pospeich, 1999). Sebagai contoh pada peristiwa efek foto listrik, intuisi dan pengalaman kita mengatakan semakin besar intensitas cahaya yang diarahkan ke permukaan logam akan makin banyak elektron yang lepas dan tidak berkaitan dengan frekuensi. Ternyata yang terjadi berbeda, lepasnya elektron dari permukaan logam bergantung kepada frekuensi cahaya yang diarahkan ke permukaan, dan fungsi kerja permukaan logam yang disinari. Di sini tampak adanya kesulitan memahami fenomena mekanika kuantum bila digunakan paradigma fisika klasik. Ini berarti perlu ada pemikiran tentang bagaimana mengajarkan fisika modern kepada siswa,

sekaligus juga perlu ada pemikiran bagaimana pembelajaran fisika modern kepada calon guru.

Demikian halnya dengan relativitas. Munculnya *teori relativitas khusus* yang di kemukakan oleh Albert Einstein pada tahun 1905 membentuk landasan bagi konsep-konsep baru tentang ruang dan waktu, yang memberi alternatif pemecahan masalah terhadap kebuntuan permasalahan yang dimunculkan dalam percobaan Michelson-Morley. Seperti diketahui dalam pandangan fisika klasik, ruang dan waktu adalah mutlak. Pandangan tentang ruang mutlak ini berkait dengan konsep *eter* yang dimunculkan oleh para fisikawan segera setelah Maxwell memperlihatkan bahwa kehadiran gelombang elektromagnet diramalkan berdasarkan persamaan-persamaan elektromagnet klasik. Eter dipostulatkan sebagai zat tidak bermassa dan tidak tampak, tetapi mengisi seluruh ruang, dan fungsi satu-satunya hanyalah untuk merambatkan gelombang elektromagnet. Konsep eter menarik perhatian karena pada saat itu sulit untuk membayangkan bagaimana sebuah gelombang dapat merambat tanpa memerlukan zat perantara. Konsep eter juga dikaitkan dengan Sistem Koordinat Semesta. Percobaan Michelson-Morley bertujuan mendapatkan bukti kehadiran eter tersebut. Dengan berbagai teknik seksama yang dilakukan akhirnya Michelson dan Morley berkesimpulan bahwa kehadiran eter di alam semesta ini tidak dapat dibuktikan.

Dengan memperhatikan deretan penalaran yang berawal dari asas kelembaman Galileo, melalui hukum-hukum Newton dengan andaian implisitnya tentang ruang dan waktu, dan berakhir dengan kegagalan percobaan Michelson-Morley untuk mengamati gerak bumi relatif terhadap eter, maka dengan demikian diperlukan penjelasan dengan cara pandang yang baru tentang konsep ruang dan waktu, dan hal ini dikemukakan Einstein dalam teori relativitas khusus. Teori ini didasarkan kepada dua postulat berikut: (1) Asas relativitas, yaitu hukum-hukum fisika tetap sama pernyataannya dalam semua sistem lembam, (2) Ketidakberubahan laju cahaya, yaitu laju cahaya memiliki nilai  $c$  yang sama dalam semua sistem lembam.

Sebagai akibat dari munculnya postulat Einstein adalah terjadinya pemuluran waktu (*time dilation*) bagi pengamat yang bergerak dibanding

pengamat diam terhadap suatu peristiwa. Juga terjadinya peristiwa penyusutan panjang (*length contraction*) bagi pengamat yang bergerak dibanding pengamat yang diam merupakan akibat dari postulat Einstein. Hal seperti ini sulit dipahami siswa yang sedang belajar fisika modern karena tampak seolah-olah bertentangan dengan pengalaman sehari-hari mereka.

Kesulitan yang dialami para siswa dalam belajar fisika modern karena konsep-konsep yang dimiliki mahasiswa pada umumnya diperoleh melalui pengalaman empiris sehari-hari (Pospeich, 1999), sementara konsep-konsep fisika modern tampak seolah-olah bertentangan dengan pengalaman sehari-hari mereka. Faktor lain yang juga menjadi penyebab para siswa mengalami kesulitan adalah sifat konsep-konsep fisika modern yang didominasi oleh konsep-konsep abstrak. Untuk memahami konsep-konsep abstrak tersebut secara umum membutuhkan kemampuan penalaran yang tinggi, sementara tidak semua siswa memiliki kemampuan penalaran seperti itu.

Untuk dapat mencapai kemampuan penalaran yang tinggi siswa perlu dibiasakan dengan cara belajar yang menuntut penggunaan penalaran. Dengan terlatih menggunakan kemampuan penalarannya maka dalam proses memahami konsep para siswa tidak hanya menggunakan pengalaman empiris, tetapi juga terbiasa memahami konsep melalui penalaran.

Agar para siswa memiliki pengalaman belajar seperti yang diharapkan di atas diperlukan guru yang tidak hanya memahami materi fisika secara baik tetapi juga guru dituntut memahami dan mampu mengaplikasikan teori-teori pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik ilmu fisika.

Sesuai dengan uraian di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: *Apakah kemampuan berpikir alternatif dapat dilatihkan kepada mahasiswa melalui pembelajaran fisika modern?*

Penelitian ini juga bertujuan menyusun model pembelajaran fisika modern bagi mahasiswa calon guru fisika. Dalam pelaksanaan penelitian, untuk memudahkan pemantauan pencapaian tujuan tersebut dilakukan melalui tahapan-tahapan kegiatan dengan tujuan yang lebih spesifik, yaitu : (a) menganalisis kemampuan berpikir apa saja yang dapat mendukung kemampuan berpikir

alternatif, (b) menganalisis efektivitas model pembelajaran fisika modern yang dicobakan dalam penelitian ini dalam meningkatkan kemampuan berpikir, dan (c) menganalisis keunggulan dan kelemahan model pembelajaran fisika modern yang dicobakan dalam penelitian ini.

Fisika bukan sekedar sederetan pengetahuan tentang konsep, teori, prinsip, atau hukum tentang alam tetapi lebih dari itu merupakan proses cara berpikir. Oleh karenanya melalui belajar fisika dapat kembangkan kemampuan berpikir yang sesuai dengan karakteristik materi fisika tersebut, sebagai contoh melalui belajar fisika modern diduga dapat dikembangkan kemampuan berpikir alternatif. Kemampuan berpikir alternatif muncul bila seseorang memiliki kemampuan berpikir kreatif. Nickerson, Perkin, dan Smith (1985) menyatakan bahwa kemampuan berpikir kreatif dapat ditingkatkan melalui latihan. Kemampuan berpikir kreatif menurut Nickerson merupakan ketrampilan yang kompleks atau merupakan kumpulan berbagai ketrampilan berpikir.

Ahli lain yang juga menyampaikan gagasannya tentang kemampuan berpikir dalam belajar fisika adalah Brotosiswojo (2000), yang pada intinya menyatakan bahwa ada kemampuan berpikir yang bersifat generik yang dapat dikembangkan melalui belajar fisika. Ada sembilan kemampuan berpikir generik menurut Brotosiswojo, yaitu: pengamatan langsung, pengamatan tak langsung, kesadaran akan skala besaran objek-objek alam, berpikir dalam kerangka taat asas, melakukan inferensi logika yang berarti, memahami hubungan sebab akibat, membuat pemodelan matematik, dan membangun konsep baru yang fungsional. Dalam penelitian ini hanya dikaji tiga kemampuan berpikir yaitu kemampuan melakukan inferensi logika, memahami hubungan sebab akibat, dan membuat pemodelan matematik.

*Melakukan inferensi logika secara berarti.* Dalam fisika dikenal beberapa penemuan partikel-partikel mikro telah didahului oleh dugaan teoritis bahwa partikel-partikel tersebut memang secara matematik ada. Dalam menyampaikan dugaannya para ilmuwan mengandalkan inferensi logika. Contoh dalam kasus ini antara lain adalah inferensi logika yang dilakukan setelah munculnya teori relativitas Einstein, yang dengan memasalahkan kecepatan cahaya akhirnya

sampai pada kesimpulan bahwa harus ada kesetaraan antara massa benda dengan energi. Hasil inferensi logika yang dirumuskan  $E = mc^2$  tersebut akhirnya memang benar-benar terbukti secara empiris.

*Memahami hukum sebab akibat.* Sebagian besar aturan dalam fisika yang disebut sebagai “hukum” merupakan hubungan sebab-akibat. Sebagai contoh hukum Faraday yang menyatakan bahwa bila dalam kumparan terjadi perubahan medan magnet maka akan timbul arus listrik. Besarnya arus listrik yang timbul sesuai dengan kecepatan perubahan medan magnet tersebut. Contoh lain hukum Archimedes, yang menyatakan bahwa bila sebagian atau seluruh bagian benda dimasukkan kedalam zat cair maka benda tersebut akan mendapat gaya ke atas yang besarnya sesuai berat zat cair yang dipindahkan. Untuk sampai kesimpulan bahwa hubungan variable dalam hukum benar-benar merupakan sebab-akibat perlu pengamatan percobaan yang berulang-ulang dan dengan variable yang diubah-ubah dan harus menghasilkan akibat yang konsisten sesuai perubahan variable tersebut.

*Membuat pemodelan matematik.* Banyak ungkapan aturan dalam fisika dinyatakan dalam bahasa matematika yang sering kita sebut rumus, yang tidak lain adalah merupakan model. Model menurut Rutherford (1990) adalah imitasi yang merupakan penyederhanaan dari sesuatu agar kita dapat terbantu memahami sesuatu tersebut dengan lebih baik. Pemodelan matematik sering disebut sebagai model simbolik karena bersifat abstrak dan dapat diungkapkan secara simbolik berupa rumus. Model dapat pula berupa gambar, program, atau gambaran mental. Pemodelan matematik umumnya bertujuan untuk memperoleh hubungan yang lebih akurat yang berlaku dalam suatu sistem dalam alam. Melalui pemodelan matematik kita dapat meramalkan suatu fenomena fisika. Seseorang yang sedang belajar membuat model, sekalipun dalam bentuk yang sederhana, sangat berguna bagi dirinya untuk dapat memahami keterbatasan-keterbatasan dalam sebuah model (McDermott, Shaffer, dan Constantinou, 2000).

Ketiga kemampuan generik tersebut di atas merupakan sebagian kemampuan dasar yang diharapkan dapat dan perlu dikembangkan dalam belajar fisika. Apabila kemampuan dasar ini telah dimiliki siswa atau mahasiswa, dan

mereka sering menerapkannya dalam pemecahan masalah maka diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir yang tingkatnya lebih tinggi, antara lain kemampuan berpikir alternatif.

### **Metode**

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode *one-group pretes-posttes design*. Dipilih metode tersebut karena kelompok subjek penelitian merupakan kelas tunggal sehingga tidak memungkinkan keberadaan kelas kontrol. McMillan dan Schumacher (1993) menyatakan bahwa metode *one-group pretes-posttes design* dapat digunakan dengan konsekuensi meminimalkan pengaruh yang mungkin terjadi, dengan cara menggunakan instrumen yang reliabel, dan selang waktu antara pelaksanaan pretes dan postes tidak terlalu lama.

Subjek dalam penelitian ini adalah mahasiswa semester ketiga Program Studi Pendidikan Fisika, di salah satu LPTK. Pada saat penelitian dilakukan mereka sedang mengambil mata kuliah fisika modern. Instrumen yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan berpikir berupa tes kemampuan berpikir, yang mencakup kemampuan dalam inferensi logika, sebab akibat, dan pemodelan matematik. Masing-masing kemampuan berpikir diukur melalui empat butir soal bentuk uraian.

Untuk mencapai tujuan secara optimal, penelitian ini dilaksanakan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut : (1) merancang program pembelajaran dan instrumen penelitian, (2) uji coba rancangan program pembelajaran fisika modern dan instrumen penelitian, dan (3) pelaksanaan penelitian, dan (4) penyusunan laporan.

Data yang dikumpulkan berupa skor kemampuan berpikir. Tes kemampuan berpikir dilakukan di awal dan di akhir proses pembelajaran masing-masing untuk topik teori relativitas khusus dan gejala kuantum. Analisis data dan uji statistik dilakukan baik secara klasikal maupun secara kelompok.

## Hasil dan Pembahasan

Dalam bagian ini disajikan hasil penelitian, yang mencakup tiga kemampuan berpikir yang menjadi fokus dalam penelitian ini, baik secara klasikal maupun menurut masing-masing kelompok prestasi mahasiswa. Pengelompokan mahasiswa kedalam kategori prestasi rendah, sedang, dan tinggi, didasarkan kepada indek prestasi (IP) kumulatif semua mata kuliah yang telah ditempuh masing-masing mahasiswa calon sebelum mengambil mata kuliah fisika modern, yaitu mata kuliah semester satu dan dua.

Tabel-1 menyajikan skor dan hasil analisis keseluruhan kemampuan berpikir mahasiswa calon guru sebelum dan setelah pembelajaran fisika modern. Sedangkan gambar-1 menyajikan rata-rata dan standar deviasi dari skor hasil pretes dan postes kemampuan berpikir dari masing-masing subjek kelompok prestasi rendah, sedang, dan tinggi. Baik dalam tabel-1 maupun gambar-1, skor kemampuan berpikir dalam fisika modern tersebut merupakan skor gabungan antara skor kemampuan berpikir hasil tes pada topik teori relativitas khusus dan topik gejala kuantum.

**Table-1.**Skor pretes dan postes kemampuan berpikir mahasiswa kelompok prestasi tinggi dan rendah

Kelompok Prestasi	Kemampuan Generik	Rerata Pretes	Rerata postes	Gain	N-Gain	Z- hitung	Z- tabel	Signi- fikansi	Ket.
Tinggi									
	Inferensi Logika	16,67	79,17	62,50	0,75	2,06	1,96	0,04	Sig
	Sebab akibat	12,50	58,33	45,83	0,52	2,06	1,96	0,04	Sig
	Pemodelan Mat.	4,17	45,83	41,66	0,43	2,06	1,96	0,04	Sig
Sedang									
	Inferensi Logika	6,25	68,75	62,50	0,67	2,39	1,96	0,02	Sig
	Sebab akibat	3,13	56,25	53,12	0,55	2,39	1,96	0,02	Sig
	Pemodelan Mat.	9,38	37,50	28,12	0,31	2,04	1,96	0,04	Sig
Rendah									
	Inferensi Logika	3,13	46,88	43,75	0,45	2,39	1,96	0,02	Sig
	Sebab akibat	0,00	46,88	46,88	0,47	2,41	1,96	0,02	Sig
	Pemodelan Mat.	3,13	25,00	21,87	0,23	1,84	1,96	0,07	Tidak Sig



Keterangan:

N-Gain : Normalized Gain

Sig. : Signifikan

Dari table-1 dapat diperhatikan bahwa subjek penelitian kelompok prestasi tinggi, kemampuan melakukan inferensi logika sebelum dan sesudah proses pembelajaran fisika modern terjadi perubahan meningkat dengan rata-rata normalized gain sebesar 0,75. Skor normalized gain tersebut menunjukkan adanya peningkatan yang menurut Hake (1998) termasuk dalam kategori tinggi. Terhadap perubahan kemampuan dalam melakukan inferensi logika ini dilakukan uji perbedaan rata-rata dan diperoleh hasil Z-hitung sebesar 2,06 dan Z-tabel sebesar 1,96 pada taraf kepercayaan 95%. Ini menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada subjek penelitian kelompok prestasi tinggi dalam kemampuan melakukan inferensi logika. Dari analisis ini juga dapat dikatakan bahwa proses pembelajaran fisika modern dalam penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan melakukan inferensi logika subjek penelitian kelompok prestasi tinggi.

Pada table-1 dapat diperhatikan peningkatan kemampuan inferensi logika setelah pembelajaran fisika modern pada subjek penelitian kelompok prestasi rendah mencapai normalized gain rata-rata 0,45. Pencapaian normalized gain ini menurut Hake (1998) termasuk dalam kategori sedang. Terhadap peningkatan kemampuan dalam melakukan inferensi logika ini dilakukan uji perbedaan rata-rata dan diperoleh hasil Z-hitung sebesar 2,39 dan Z-tabel sebesar 1,96 pada taraf kepercayaan 95%. Ini menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada subjek penelitian kelompok prestasi rendah dalam kemampuan melakukan inferensi logika. Sekaligus dari analisis ini dapat juga dikatakan bahwa proses pembelajaran fisika modern dalam penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan inferensi logika subjek penelitian kelompok prestasi rendah.

Kemampuan memahami hubungan sebab akibat pada subjek penelitian kelompok prestasi tinggi seperti yang disajikan pada table-1 menunjukkan perubahan yang meningkat dengan normalized gain rata-rata sebesar 0,52. Perubahan tersebut termasuk dalam kategori sedang menurut Hake (1998). Dari hasil uji perbedaan rata-rata diperoleh hasil Z-hitung sebesar 2,06 dan Z-tabel

sebesar 1,96 pada taraf kepercayaan 95%. Ini menunjukkan terjadi peningkatan yang signifikan kemampuan menghubungkan sebab akibat pada subjek penelitian kelompok prestasi tinggi. Analisis data tersebut juga menunjukkan bahwa proses pembelajaran fisika modern dalam penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan menghubungkan sebab akibat pada subjek penelitian kelompok prestasi tinggi.

Pada table-1 dapat diperhatikan peningkatan kemampuan menghubungkan sebab akibat pada subjek penelitian kelompok prestasi rendah yang menunjukkan normalized gain rata-rata sebesar 0,47 yang menurut Hake (1998) merupakan peningkatan dalam kategori sedang. Dari perubahan tersebut dilakukan uji perbedaan rata-rata dan diperoleh hasil Z-hitung sebesar 2,41 dan Z-tabel sebesar 1,96 pada taraf kepercayaan 95%. Dari analisis data tersebut menunjukkan terjadi peningkatan yang signifikan kemampuan menghubungkan sebab akibat pada subjek penelitian kelompok prestasi rendah. Ini juga menunjukkan bahwa proses pembelajaran fisika modern dalam penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan menghubungkan sebab akibat pada subjek penelitian kelompok prestasi rendah.

Pada subjek penelitian kelompok prestasi tinggi kemampuan pemodelan matematik sebelum dan sesudah pembelajaran fisika modern dapat diperhatikan pada table-1 yang menunjukkan ada perubahan meningkat dengan normalized gain 0,43 yang menurut Hake termasuk dalam kategori sedang. Terhadap perubahan kemampuan pemodelan matematik tersebut dilakukan uji perbedaan rata-rata dan diperoleh hasil Z-hitung sebesar 2,06 dan Z-tabel sebesar 1,96 pada taraf kepercayaan 95%. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan yang signifikan pada subjek penelitian kelompok prestasi tinggi dalam kemampuan pemodelan matematik. Sekaligus hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa proses pembelajaran fisika modern dalam penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan pemodelan matematik pada subjek penelitian kelompok prestasi tinggi.

Kemampuan subjek penelitian kelompok prestasi rendah dalam pemodelan matematik seperti tersaji dalam table-1 menunjukkan ada perubahan meningkat yang relatif kecil antara hasil tes sebelum dan sesudah proses pembelajaran fisika modern dengan skor normalized gain rata-rata sebesar 0,23. Perubahan tersebut

menurut Hake (1998) merupakan peningkatan yang termasuk dalam kategori rendah. Terhadap peningkatan dilakukan uji perbedaan rata-rata dan diperoleh hasil Z-hitung sebesar 1,84 dan Z-tabel sebesar 1,96 pada taraf kepercayaan 95%. Dari analisis data ini dapat diartikan bahwa tidak terjadi peningkatan yang signifikan pada subjek penelitian kelompok prestasi rendah dalam kemampuan pemodelan matematik. Sekaligus hal itu menunjukkan bahwa proses pembelajaran fisika modern dalam penelitian ini kurang sesuai bagi subjek penelitian kelompok prestasi rendah.

Dari uraian data pada hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir dalam penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan berpikir subjek penelitian dari kelompok prestasi tinggi maupun rendah pada kemampuan inferensi logika dan memahami sebab akibat, serta mampu meningkatkan kemampuan pemodelan matematik pada subjek penelitian kelompok prestasi tinggi.

### **Penutup**

Kemampuan berpikir alternatif mahasiswa calon guru fisika dapat ditingkatkan hingga mencapai kategori sedang melalui pembelajaran fisika modern yang didesain berorientasi kepada kemampuan berpikir. Terjadi peningkatan tiga kemampuan berpikir yang dilatihkan kepada mahasiswa kelompok atas dan dua kemampuan berpikir yang dilatihkan kepada mahasiswa kelompok bawah. Diperlukan perbaikan desain pembelajaran terutama untuk kelompok bawah agar mampu meningkatkan kemampuan dalam pemodelan matematik.

Pembelajaran fisika bagi mahasiswa calon guru terutama materi fisika modern sedapat mungkin memberi pengalaman langsung melalui contoh pembelajaran yang berorientasi kemampuan berpikir, yaitu bentuk pembelajaran yang bukan sekedar memberi informasi pengetahuan fisika tetapi juga memberi bekal pengembangan kemampuan berpikir bagi subjek yang belajar.

## Daftar Pustaka

- Brotoiswojo, B.S. 2000. *Hakikat Pembelajaran Fisika di Perguruan Tinggi*. Jakarta: Proyek Pengembangan Universitas Terbuka Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Depdiknas.
- Depdiknas. 2003. *Kurikulum 2004, Standar Kompetensi, Mata Pelajaran Fisika Sekolah Menengah Atas dan Madrasah Aliyah*. Jakarta: Depdiknas.
- Hake, R.R. 1998. “*Interactive-engagement vs traditional methods: A Six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*”. *American Journal of Physics* 66, 64-74.
- McDermott, L.C., Shaffer, P.S., and Constantinous, C.P. 2000. *Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry*. *Physics Education* 35(6) November 2000.
- McDermott, L.C. 1990. *Perspective on teacher preparation in physics and other sciences: The need for special science courses for teachers*. *American Journal Physics* Volume 58, Number 8, August 1990.
- McMillan, J.H. dan Schumacher, S. 1993. *Research in Education A Conceptual Introduction*. New York: Harper Collins College Publishers.
- Nickerson, R.S., Perkins, D.N., dan Smith, E.E., 1985. *The Teaching of Thinking*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Pospiech, G., 1999. *Teaching the EPR paradox at high school?*. *Physics Education*, 34(5) September 1999.
- Redish, E.F. 1999. *Millikan Award Lecture (1998): Building a Science of Teaching Physics*. Tersedia: <http://www.physics.umd.edu/rgroups/ripe/papers/millikan.htm> [28 Mei 2004]
- Rutherford, F.J. and Ahlgren A..1990. *Science for All Americans*. New York: Oxford university press.
-